

mentioned in the specification



5402 P140

①9 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENTAMT

⑫ Offenlegungsschrift
⑩ DE 197 05 988 A 1

⑤ Int. Cl.⁶:
A 61 F 2/14
A 61 N 1/36

⑳ Aktenzeichen: 197 05 988.0
㉔ Anmeldetag: 17. 2. 97
㉕ Offenlegungstag: 30. 4. 98

DE 197 05 988 A 1

⑥ Innere Priorität:
196 44 114. 5 23. 10. 96

㉑ Anmelder:
Eberhard-Karls-Universität Tübingen
Universitätsklinikum, 72076 Tübingen, DE

㉒ Vertreter:
Witte, Weller, Gahlert, Otten & Steil, 70178 Stuttgart

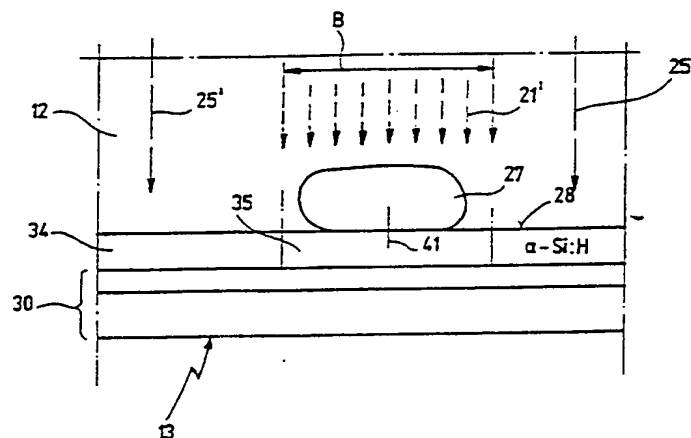
㉓ Erfinder:
Nisch, Wilfried, Dipl.-Phys., 72072 Tübingen, DE;
Stelzle, Martin, Dipl.-Phys. Dr., 72770 Reutlingen,
DE; Weiss, Stefan, Dipl.-Biol. Dr., 72070 Tübingen,
DE; Zenner, Eberhart, Prof.Dr.med., 72072
Tübingen, DE; Stett, Alfred, Dr., 72768 Reutlingen,
DE; Graf, Heinz Gerhard, Dipl.-Phys., 71106
Magstadt, DE; Graf, Michael, Dipl.-Phys., 71332
Waiblingen, DE; Schubert, Markus B., Dr.-Ing.,
72074 Tübingen, DE; Wanka, Harald N., Dipl.-Ing.,
73630 Remshalden, DE; Hierzenberger, Anke,
Dipl.-Phys., 71067 Sindelfingen, DE

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑤4 Retina-Implantat

⑤7 Ein Retina-Implantat weist eine an eine Netzhaut (12) anliegende Oberfläche (28) auf. Die Oberfläche (28) ist mit Elektroden (35) zum Stimulieren von Zellen (27) der Netzhaut (12) versehen. Die Elektroden (35) werden von auf die Netzhaut (12) fallendem, sichtbarem Licht (21') derart angesteuert, daß ein elektrischer Stimulus (41) von der Elektrode (35) auf die Zelle (27) ausgeübt wird. Das Implantat (13) wird, vorzugsweise großflächig, mit einer für nicht-sichtbares Licht (25') wirksamen, photovoltaischen Schicht (30) versehen. Die Stimuli (41) werden unter Ausnutzung der von der photovoltaischen Schicht (30) erzeugten Spannung lokal geschaltet (Fig. 2).



DE 197 05 988 A 1

Die Erfindung betrifft ein Retina-Implantat mit einer an einer Netzhaut anliegenden Oberfläche, wobei die Oberfläche mit Elektroden zum Stimulieren von Zellen der Netzhaut versehen ist und die Elektroden von auf die Netzhaut fallendem, sichtbarem Licht derart angesteuert werden, daß ein elektrischer Stimulus von der Elektrode auf die Zelle ausgeübt wird.

Ein Retina-Implantat der vorstehend genannten Art ist aus der EP-A2-0 460 320 bekannt.

Das bekannte Implantat ist ein subretinales Implantat, das demzufolge in untere Schichten der Netzhaut implantiert werden soll. Das bekannte Implantat besteht im wesentlichen aus einem Silizium-Chip, der durch eine große Anzahl von dicht gepackten Mikro-Photodioden gebildet wird. Die photoaktive Oberfläche der Photodioden ist gegen das durch das Auge auftreffende Licht gerichtet. Die Photodioden erzeugen einen amplitudenmodulierten Strom, der die auf der Oberfläche des Implantats aufliegende Zellschicht der Netzhaut stimuliert. Auf diese Weise soll es möglich sein, Patienten, die an unterschiedlichen Formen von Netzhautdegenerationen leiden, wieder ein Sehen oder ein besseres Sehen zu ermöglichen.

Das bekannte Implantat ist so ausgelegt, daß bereits das auftreffende Umgebungslicht ausreichen soll, um die erforderlichen Stimuli für die Zellen in der Netzhaut zu erzeugen. Eine externe Energieversorgung ist folglich nicht vorgesehen.

Aus der US-Z IEEE SPECTRUM, Mai 1996, Seiten 47 bis 53, ist ein weiteres Retina-Implantat bekannt, das jedoch als epiretinales Implantat eingesetzt werden soll. Dieses bekannte Implantat weist somit eine Elektrodenfläche auf, die vom Glaskörper her auf die Netzhaut aufgelegt werden soll, um von dort die Ganglienzellen zu stimulieren, die sich dicht unterhalb der Oberfläche der Netzhaut befinden.

Bei den epiretinalen Implantaten ist es im Gegensatz zu den subretinalen Implantaten jedoch erforderlich, die Stimuli vorab zu codieren, um auf diese Weise die biologischen Veränderungen zu kompensieren, denen die biologischen Signale auf ihrem Weg von den Photorezeptoren zu den Ganglienzellen in den unteren Schichten der Netzhaut ausgesetzt sind. Epiretinale Implantate werden daher von außen angesteuert, und zwar auf der Grundlage eines Bildes, das z. B. mit einer Videokamera oder dgl. erzeugt wurde, die bspw. als Brille für den Patienten ausgestaltet sein kann.

Aufgrund dieser systemimmanenten Unterschiede zwischen subretinalen Implantaten und epiretinalen Implantaten sind letztere bauartbedingt größer, aufwendiger und haben einen höheren Energieverbrauch.

Bei dem vorstehend erwähnten bekannten epiretinalen Implantat wird das vom Patienten zu sehende Bild mittels einer CCD-Kamera aufgenommen, die zusammen mit einem signalverarbeitenden Chip und einem Laser in einer brillenartigen Anordnung vorgesehen ist.

Bei dem Implantat selbst ist das Elektrodenarray, das zum Stimulieren der Ganglienzellen vorgesehen ist, als seitlich aus dem eigentlichen Implantat vorstehendes, dünnes Fähnchen ausgebildet, das von außen auf die Netzhaut aufgesetzt werden soll. Der eigentliche Implantatkörper ist demgegenüber relativ kompakt ausgebildet. Er umfaßt neben einem Stimulator-Chip ein Array von Photodioden, das gegen die Öffnung des Auges gerichtet ist. Das Photodioden-Array empfängt von dem in der brillenartigen Anordnung vorgesehenen Laser ein Lichtsignal im sichtbaren Bereich des Spektrums, das einerseits die Bildsignale enthält, andererseits aber auch zur Energieversorgung des Implantats dient.

Bei diesem bekannten epiretinalen Implantat ist somit

von Nachteil, daß eine erhebliche Oberfläche im Bereich der Netzhaut mit dem Photodioden-Array abgedeckt werden muß, um die erforderliche Signalübertragung und Stromversorgung sicherzustellen. Der vom Implantat abgedeckte Teil der Netzhaut kann somit nicht zur Stimulation eingesetzt werden. Ferner ist die einstrahlbare Leistung durch die Verträglichkeitsschwelle der Netzhaut für sichtbares Licht begrenzt.

Bei dem subretinalen Implantat der eingangs zunächst genannten Art besteht hingegen das Problem, daß das Umgebungslicht mitunter nicht ausreichend sein kann, um Stimuli ausreichender Amplitude zu erzeugen, die größer sind als die Reizschwelle der zu stimulierenden Zellen der Netzhaut.

Der Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, ein Implantat der eingangs zunächst genannten Art dahingehend weiterzubilden, daß auch bei schwachem Umgebungslicht ausreichende Energie zur Verfügung steht, um Stimuli erforderlicher Amplitude erzeugen zu können. Dabei sollen diejenigen Nachteile vermieden werden, die bei epiretinalen Implantaten der ebenfalls weiter oben genannten Art auftreten und die im wesentlichen darin bestehen, daß Teile der Netzhaut von Komponenten abgedeckt werden, die nicht zur Stimulation herangezogen werden können.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß bei einem Implantat der eingangs genannten Art dadurch gelöst, daß das Implantat mit einer für nicht-sichtbares Licht wirksamen, photovoltaischen Schicht versehen ist, und daß die Stimuli unter Ausnutzung der von der photovoltaischen Schicht erzeugten Spannung lokal geschaltet werden. Das Implantat ist dabei vorzugsweise großflächig mit der Schicht versehen.

Die der Erfindung zugrundeliegende Aufgabe wird auf diese Weise vollkommen gelöst.

Die Erfindung macht sich nämlich die Überlegung zunutze, daß es zur Lösung der Aufgabe zweckmäßig ist, die für die Stimulation erforderliche Versorgung mit infrarotem Licht vorzunehmen, für das die Optik ebenso wie die Netzhaut des menschlichen Auges durchlässig ist. Dadurch sind auch bei ausreichend hohen Intensitäten keine Schädigungen zu befürchten. Die im Auge zur Verfügung stehende Versorgungsleistung kann zusätzlich dadurch erhöht werden, daß die Infraroteinkopplung global, d. h. über einen möglichst großen Oberflächenbereich der Netzhaut bzw. des Implantats vorgenommen wird, während andererseits die Zellen nur lokal stimuliert werden.

Um dabei vom jeweils vorhandenen Umgebungslicht und von der Verträglichkeitsschwelle der Netzhaut für sichtbares Licht unabhängig zu sein, wird nicht-sichtbares Licht, vorzugsweise Infrarot-Licht eingesetzt, um die notwendige Energie zur Erzeugung der Stimuli bereitzustellen.

Die Energieversorgung des erfindungsgemäßen Implantats ist damit unabhängig vom jeweils vorhandenen Umgebungslicht und darüber hinaus auch unabhängig davon, ob das jeweils gesehene Bild einen hohen oder einen niedrigen Helligkeitsanteil enthält.

Bei der bevorzugten Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Implantats sind die Elektroden von der Schicht in Draufsicht umgeben.

Diese Maßnahme hat den Vorteil, daß durch Einstellung des Oberflächenverhältnisses zwischen Elektroden und Schicht die Größe der Schicht in gewünschter Weise eingestellt werden kann. Bevorzugt ist, wenn die Elektroden etwa 10% bis 50% der Oberfläche der Schicht einnehmen.

Bei einer weiter bevorzugten Ausgestaltung der Erfindung umfassen die Elektroden einen optisch betätigbaren Schalter, der im geschlossenen Zustand die Spannung als Stimulus durchschaltet.

Diese Maßnahme hat den Vorteil, daß das Implantat selbsttätig gerade die Stimuli an denjenigen Punkten der

Oberfläche des Implantats erzeugt, die dem tatsächlich gesehenen Bild entsprechen.

Bei einer ersten Variante dieses Ausführungsbeispiels ist der Schalter als Bereich einer weiteren Schicht ausgebildet, die bei Bestrahlung mit dem nicht-sichtbaren Licht elektrisch nichtleitend und bei Bestrahlung mit sichtbarem Licht elektrisch leitend ist.

Diese Maßnahme hat den Vorteil, daß die Elektrodenfläche jeweils nur so groß ist, wie dies den hellen, d. h. zu stimulierenden Bereichen des Gesamtbildes entspricht. In allen dunklen Bereichen des Bildes, in denen keine Stimulierung der Zellen stattfinden muß, kann das nicht-sichtbare Licht zur zusätzlichen Energieerzeugung genutzt werden.

Bevorzugt ist bei diesem Ausführungsbeispiel die Verwendung einer Schicht, die aus einem amorphen, hydrogenisierten Silizium (a-Si:H) besteht. Es können auch Legierungen von hydrogenisiertem Silizium, also z. B. mit Kohlenstoff (a-SiC:H) oder Germanium (a-SiGe:H) verwendet werden.

Bei einer anderen Gruppe von Ausführungsbeispielen umfaßt die Elektrode als Kontaktfläche eine Schicht aus für das nicht-sichtbare Licht nicht-durchlässigem Material.

Diese Maßnahme hat den Vorteil, daß am Ort der Elektrode eine Stimulierung durch das Auftreffen von sichtbarem Licht ausgelöst werden kann, nicht jedoch durch das nicht-sichtbare Licht, das lediglich zur Energieversorgung dient.

Erfindungsgemäße Implantate können wahlweise als subretinale Implantate oder auch als epiretinale Implantat eingesetzt werden. Im letztgenannten Fall ist es lediglich erforderlich, das Implantat für sichtbares Licht durchlässig zu machen.

Bei weiteren Gruppen von Ausführungsbeispielen weist das Implantat ein Substrat mit Durchgangsöffnungen auf.

Diese Maßnahme hat den Vorteil, daß insbesondere bei einem subretinalen Implantat die Versorgung der Netzhaut mit Nährstoffen verbessert wird, weil diese durch die Durchgangsöffnungen hindurch stattfinden kann.

Die Durchgangsöffnungen können dabei alternativ in einem starren Substrat vorgesehen sein, es ist aber auch möglich, das Substrat flexibel oder als Netz aus einem flexiblen Trägermaterial auszubilden.

Im letztgenannten Fall ergibt sich nicht nur der Vorteil einer besseren Versorgung der Netzhaut. Darüber hinaus erzielt man den Vorteil, daß infolge der Verwendung von flexiblem Material eine bessere Anpassung des Implantats an die Form der Netzhaut möglich ist.

Weitere Vorteile ergeben sich aus der Beschreibung und der beigefügten Zeichnung.

Es versteht sich, daß die vorstehend genannten und die nachstehend noch zu erläuternden Merkmale nicht nur in der jeweils angegebenen Kombination, sondern auch in anderen Kombinationen oder in Alleinstellung verwendbar sind, ohne den Rahmen der vorliegenden Erfindung zu verlassen.

Ausführungsbeispiele der Erfindung sind in der Zeichnung dargestellt und werden in der nachfolgenden Beschreibung näher erläutert. Es zeigen:

Fig. 1 einen äußerst schematisierten Querschnitt durch ein Auge, dessen Netzhaut mit einem erfindungsgemäßen Implantat versehen ist;

Fig. 2 in stark vergrößertem Maßstab einen seitlichen Schnitt durch einen Teil eines Implantats in subretinaler Anordnung; und

Fig. 3 eine Darstellung, ähnlich Fig. 2, jedoch für ein abgewandeltes Ausführungsbeispiel der Erfindung.

In Fig. 1 bezeichnet 10 insgesamt ein Auge, bspw. ein menschliches Auge. Im Auge 10 sind schematisch eine

Linse 11 sowie eine Netzhaut 12 angedeutet.

Bei 13 ist ein subretinales Implantat zu erkennen, das sich in unteren Schichten der Netzhaut 12 befindet. Strichpunktiert ist bei 14 hingegen ein epiretinales Implantat angedeutet, das auf die Oberfläche der Netzhaut aufgesetzt wird.

Ein Gegenstand 20 wird in der üblichen Weise durch die Linse 11 auf der Netzhaut 12 abgebildet, wie mit Strahlen 21, 22 und einem auf dem Kopf stehenden Bild 23 angedeutet.

Mit 25 ist in Fig. 1 ein Bündel von Strahlen eines nicht-sichtbaren Lichtes, insbesondere eines Infrarot-Lichtes, angedeutet. Das Lichtbündel 25 ist so ausgelegt, daß es das Implantat 13 bzw. 14 vollflächig trifft. Hierzu wird das Lichtbündel 25 durch die Linse 11 lediglich geringfügig verändert, wie mit 25' im Auge 10 angedeutet. Eine Fokussierung des Lichtbündels 25 soll vermieden werden, um lokale Erwärmungen im Augeninneren zu verhindern. Das Lichtbündel 25 ist nur schematisch angedeutet. Wegen der Wellenlänge des Infrarotlichtes ($\lambda < 1 \mu\text{m}$) muß die Infrarot-Lichtquelle nahe vor dem äußeren Brennpunkt der Linse 11 liegen.

In Fig. 2 ist das Implantat 13 im wesentlichen unterhalb der Netzhaut 12, also in subretinaler Lage, zu erkennen. Mit 27 ist eine einzelne Zelle der Netzhaut 12 angedeutet. Die Zelle 27 wird an ihrer Unterseite von einer Oberfläche 28 des Implantats 13 kontaktiert.

Der Schichtaufbau des Implantats 13 ist wie folgt:

Die untersten Schichten werden durch eine Infrarot-Diode 30 gebildet. Die Infrarot-Diode 30 kann wahlweise aus kristallinem Silizium bestehen und z. B. als P-N- oder N-P-Übergang ausgebildet sein. Es sind aber auch dreischichtige Konfigurationen N-I-P oder P-I-N (jeweils von oben nach unten) möglich. Die Oberfläche 28 des Implantats 13 wird durch eine amorphe Schicht 34 aus hydrogenisiertem Silizium (a-Si:H) gebildet. Derartige Schichten sind an sich bekannt. Sie enthalten bspw. zwischen 2% und 10% Wasserstoff im Silizium. Die Infrarot-Diode 30 kann aus einer Legierung mit hydrogenisiertem Silizium, z. B. a-SiGe:H oder aus mikrokristallinem Silizium in einer Struktur bestehen.

Wichtig ist in diesem Zusammenhang vor allem, daß unterhalb derjenigen Ebene, durch die ein Stimulus ausgeübt werden soll, also im dargestellten Beispiel unterhalb der amorphen Schicht 34 eine relativ hochdotierte Schicht angeordnet ist, die eine genügend hohe Querleitfähigkeit aufweist, um lateral Strom zum Stimulationsort leiten zu können.

Mit 25' sind in Fig. 2 wiederum die Lichtstrahlen des infraroten Lichtes bezeichnet, die vollflächig auf die Oberfläche 28 auftreffen. Die amorphe Schicht 34 ist für das infrarote Licht durchlässig; sie ist nur schwach oder überhaupt nicht dotiert. Solange nur infrarotes Licht auf die amorphe Schicht 34 auftrifft, ist deren Leitfähigkeit sehr niedrig, sie wirkt also praktisch wie ein Isolator.

Mit B ist in Fig. 2 angedeutet, daß bei dem speziell gesehenen Bild ein bestimmter Bereich B mit sichtbarem Licht 21' bestrahlt wird.

Wenn sichtbares Licht 21' auf die amorphe Schicht 34 fällt, erhöht sich deren Leitfähigkeit schlagartig um mehrere Größenordnungen.

Dies hat zur Folge, daß in einem lokalen Bereich 35 der amorphen Schicht 34, die in der schematisierten Darstellung gemäß Fig. 2 gerade der Breite B entspricht, ein Bereich von sehr guter elektrischer Leitfähigkeit entsteht. Der Bereich 35 wirkt daher wie ein lichtgesteuerter elektrischer Schalter.

Infolge des auftreffenden infraroten Lichtes 25' ist die Infrarot-Diode 30 in der Lage, einen Strom zu liefern, der wesentlich höher als bei rein sichtbarer Anregung sein kann. Wenn nun im Bereich 35, wie oben beschrieben, "durchge-

schaltet" wird, kommt es daher zu einer Stimulierung der auf dem Bereich 35 aufliegenden Zelle 27, wie mit einem Pfeil 41 angedeutet. Es wurde bereits erwähnt, daß unterhalb dieses Ortes (Pfeil 41) eine relativ hochdotierte Schicht angeordnet sein sollte, deren genügend hohe Querleitfähigkeit eine laterale Stromleitung zum Stimulationsort gestattet.

Das Potential dieser Stimulierung 41 bemißt sich dabei nicht nur an der in dem Bereich B aufgetroffenen optischen Energie. Vielmehr kann die gesamte Fläche, die zum jeweiligen Zeitpunkt nicht von sichtbarem Licht beleuchtet wird, ausgenutzt werden. Dies wiederum hat zur Folge, daß insbesondere bei schwacher Beleuchtung lokal sehr große Stimuli erzeugt werden können.

Bei der in Fig. 3 gezeigten Variante besteht das Implantat 13a ebenfalls aus einer mehrschichtigen Anordnung. Die unterste Schicht ist eine Infrarot-Diode 50. Darüber ist eine I-Schicht 54 angeordnet, auf deren Oberfläche 28a sich diskret verteilte Elektroden 55 befinden. Die Infrarot-Diode 50 entspricht in ihrer Ausführung im wesentlichen der weiter oben zu Fig. 2 beschriebenen Infrarot-Diode 30.

Die Elektroden 55 haben eine Überdeckung der Oberfläche, die vorzugsweise im Bereich von 10% bis 20% liegt. Aber auch höhere Überdeckungsgrade von 50% und mehr sind bei bestimmten Anwendungsfällen denkbar.

Die Elektroden 55 sind vorzugsweise aufgedampfte Goldelektroden, die spektral selektiv durchlässig für sichtbares Licht sind. Für infrarotes Licht sind die Elektroden 55 in diesem Fall dann nicht-durchlässig.

Bei der Anordnung gemäß Fig. 3 wird somit die Energieversorgung über denjenigen Flächenanteil der Oberfläche 28a bewirkt, der in Fig. 3 mit b_1 gekennzeichnet ist. Demzufolge wird die Auflösung der Bilddarstellung durch denjenigen Oberflächenanteil bestimmt, der mit b_2 angedeutet ist.

Das auf treffende Infrarot-Licht erzeugt in der Infrarot-Diode 50 Ladungsträger, so daß ausreichend Energie bereitgestellt wird, um beim Auftreffen von sichtbarem Licht auf eine oder mehrere Elektroden 55 dort einen Stimulus zu erzeugen. Hierzu wirkt die Schicht 54 als elektronischer Schalter, der optisch ansteuerbar ist, wenn sichtbares Licht auf und durch die Kontakte 55 fällt. Weitere Einzelheiten dazu sind in der nicht-veröffentlichten deutschen Patentanmeldung 195 29 371.1 vom 10.08.1995 beschrieben, auf deren Offenbarung ausdrücklich verwiesen wird.

Zur Energieversorgung kann z. B. eine Infrarot-Diode verwendet werden, die vom Patienten an einer Brille oder dgl., d. h. nahe vor der Augenlinse, getragen wird. Die Infrarot-Diode ist auf das Implantat 13 bzw. 13a gerichtet. Bei einem Durchmesser des Implantats von z. B. 3,0 mm wird eine Ausgangsleistung der Infrarot-Diode von 0,35 mW für ausreichend gehalten.

Bei subretinalen Implantaten kann unter bestimmten Umständen ein Problem bei der biologischen Versorgung der Netzhaut auftreten. Dies liegt daran, daß bei subretinaler Implantation eine bestimmte Fläche der Netzhaut "von unten" durch den Implantatkörper abgedichtet ist.

Um diese Probleme zu lösen, sind im Rahmen der vorliegenden Erfindung, aber unabhängig davon, verschiedene Lösungsansätze denkbar:

Bei einer ersten Variante werden vernetzte Retina-Implantate eingesetzt. Das Substrat des Implantats besteht daher aus einem netzartigen Gebilde. An den Knoten des Netzes befinden sich Photodioden. Das Netz selbst besteht aus einem mehr oder weniger flexiblen Trägermaterial. Dieses kann sich aufgrund dessen auch besser dem Augenhintergrund anpassen, als dies bei starren Implantaten der Fall ist.

Um derartige netzartige und/oder flexible Implantate herzustellen, werden die Photodioden auf einer SOI-Schicht

(Silicon-On-Insulator) gefertigt, d. h. auf einer flexiblen, organischen Folie. Sie werden dann durch Ätzprozesse getrennt und mit einer Lack- bzw. Polyimidschicht beschichtet, die im Anschluß daran strukturiert wird. Diese strukturierte Schicht kann auch als Maske des Ätzprozesses verwendet werden.

Bei anderen Ausführungsbeispielen mit starrem Implantat werden Substrate als durchgehende Siliziumschichten ausgebildet. Diese Substrate können nun ebenfalls mit Lötlern versehen werden, durch die die Netzhaut versorgt werden kann.

Zur Herstellung derartiger Implantate wird bei der Herstellung der Photodioden ein zweistufiger Ätzprozeß durchgeführt. Dabei werden Löcher in der Siliziumoberfläche mit einer Tiefe von z. B. 20 µm hergestellt. Beim späteren Rückpolieren der Chips als Implantate werden diese Löcher von der Rückseite geöffnet und dienen als Versorgungskanäle für die Netzhaut.

Patentansprüche

1. Retina-Implantat mit einer an einer Netzhaut (12) anliegenden Oberfläche (28), wobei die Oberfläche (28) mit Elektroden (35; 55) zum Stimulieren von Zellen (27) der Netzhaut (12) versehen ist und die Elektroden (35; 55) von auf die Netzhaut (12) fallendem, sichtbarem Licht (21') derart angesteuert werden, daß ein elektrischer Stimulus (41) von der Elektrode (35; 55) auf die Zelle (27) ausgeübt wird, dadurch gekennzeichnet, daß das Implantat (13; 14) mit einer für nicht-sichtbares Licht (25') wirksamen, photovoltaischen Schicht (30; 50) versehen ist, und daß die Stimuli (41) unter Ausnutzung der von der photovoltaischen Schicht (30; 50) erzeugten Spannung lokal geschaltet werden.
2. Retina-Implantat nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das Implantat (13; 14) großflächig mit der Schicht (30; 50) versehen ist.
3. Retina-Implantat nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Elektroden (35; 55) von der Schicht (30; 50) in Draufsicht umgeben sind.
4. Retina-Implantat nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Elektroden (55) etwa 10% bis 50% der Oberfläche der Schicht (50) einnehmen.
5. Retina-Implantat nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Elektroden (35; 55) einen optisch betätigbaren Schalter umfassen, der im geschlossenen Zustand die Spannung als Stimulus (41) durchschaltet.
6. Retina-Implantat nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß der Schalter als Bereich einer weiteren Schicht (34) ausgebildet ist, die bei Bestrahlung mit dem nicht-sichtbaren Licht elektrisch nicht-leitend und bei Bestrahlung mit sichtbarem Licht elektrisch leitend ist.
7. Retina-Implantat nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß die Schicht (34) aus einem amorphen, hydrogenisierten Silizium (a-Si:H) oder Legierungen desselben besteht.
8. Retina-Implantat nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß die Elektrode (55) als Kontaktfläche eine Schicht aus für das nicht-sichtbare Licht nicht-durchlässigem Material umfaßt.
9. Retina-Implantat nach einem oder mehreren der Ansprüche 1-8, dadurch gekennzeichnet, daß das nicht-sichtbare Licht Infrarot-Licht (25) ist.
10. Retina-Implantat nach einem oder mehreren der Ansprüche 1-9, dadurch gekennzeichnet, daß es als

subretinales Implantat (13) ausgebildet ist.

11. Retina-Implantat nach einem oder mehreren der Ansprüche 1–10, dadurch gekennzeichnet, daß es für sichtbares Licht im wesentlichen durchlässig und als epiretinales Implantat (14) ausgebildet ist.

5

12. Retina-Implantat nach einem oder mehreren der Ansprüche 1–11, dadurch gekennzeichnet, daß es ein Substrat mit Durchgangsöffnungen aufweist.

13. Retina-Implantat nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, daß die Durchgangsöffnungen in einem starren Substrat vorgesehen sind.

10

14. Retina-Implantat nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, daß das Substrat flexibel oder als Netz aus einem flexiblen Trägermaterial ausgebildet ist.

15

Hierzu 2 Seite(n) Zeichnungen

20

25

30

35

40

45

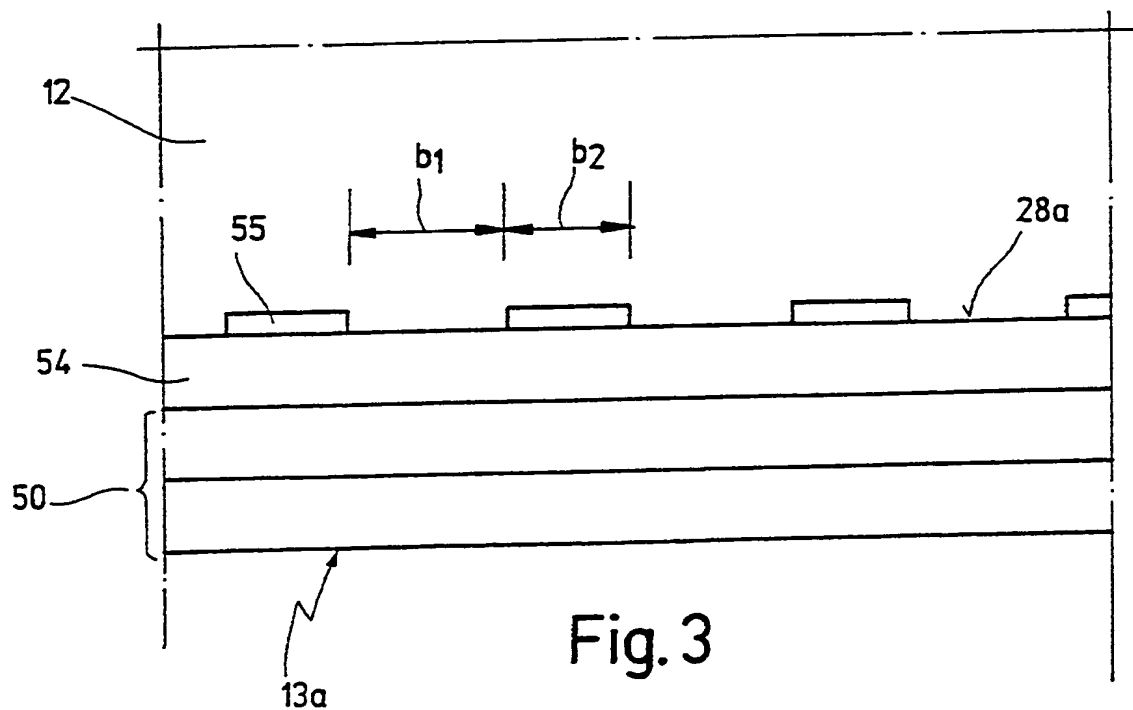
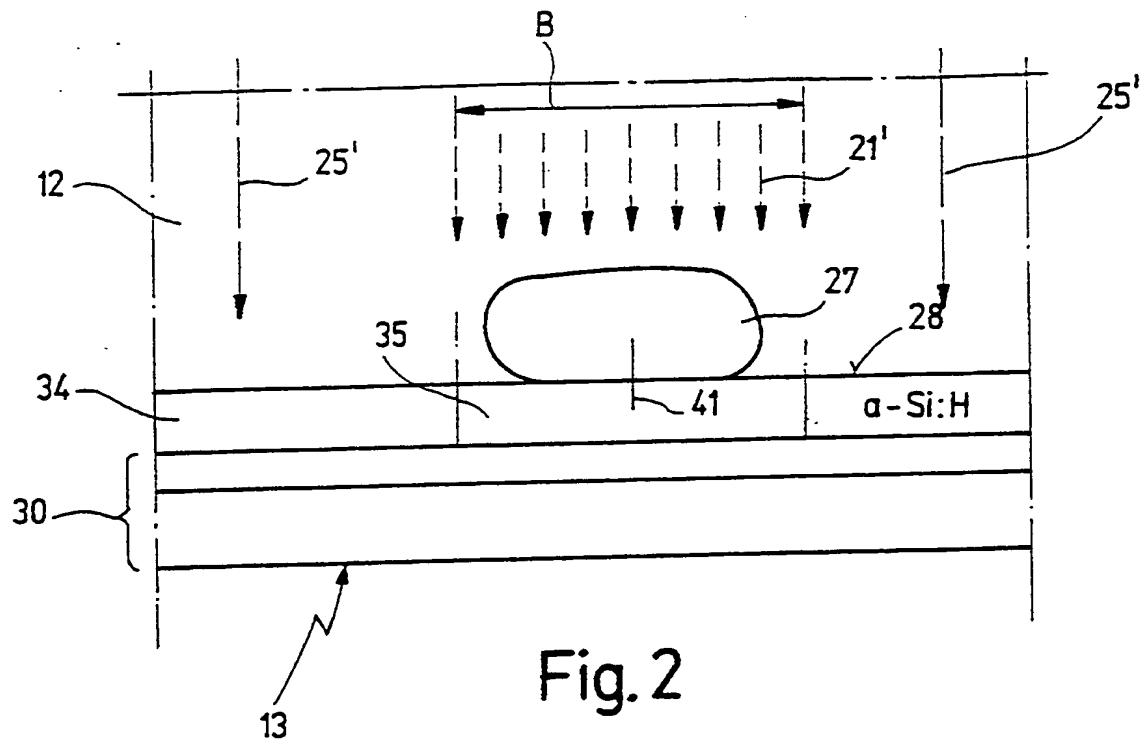
50

55

60

65

- Leerseite -



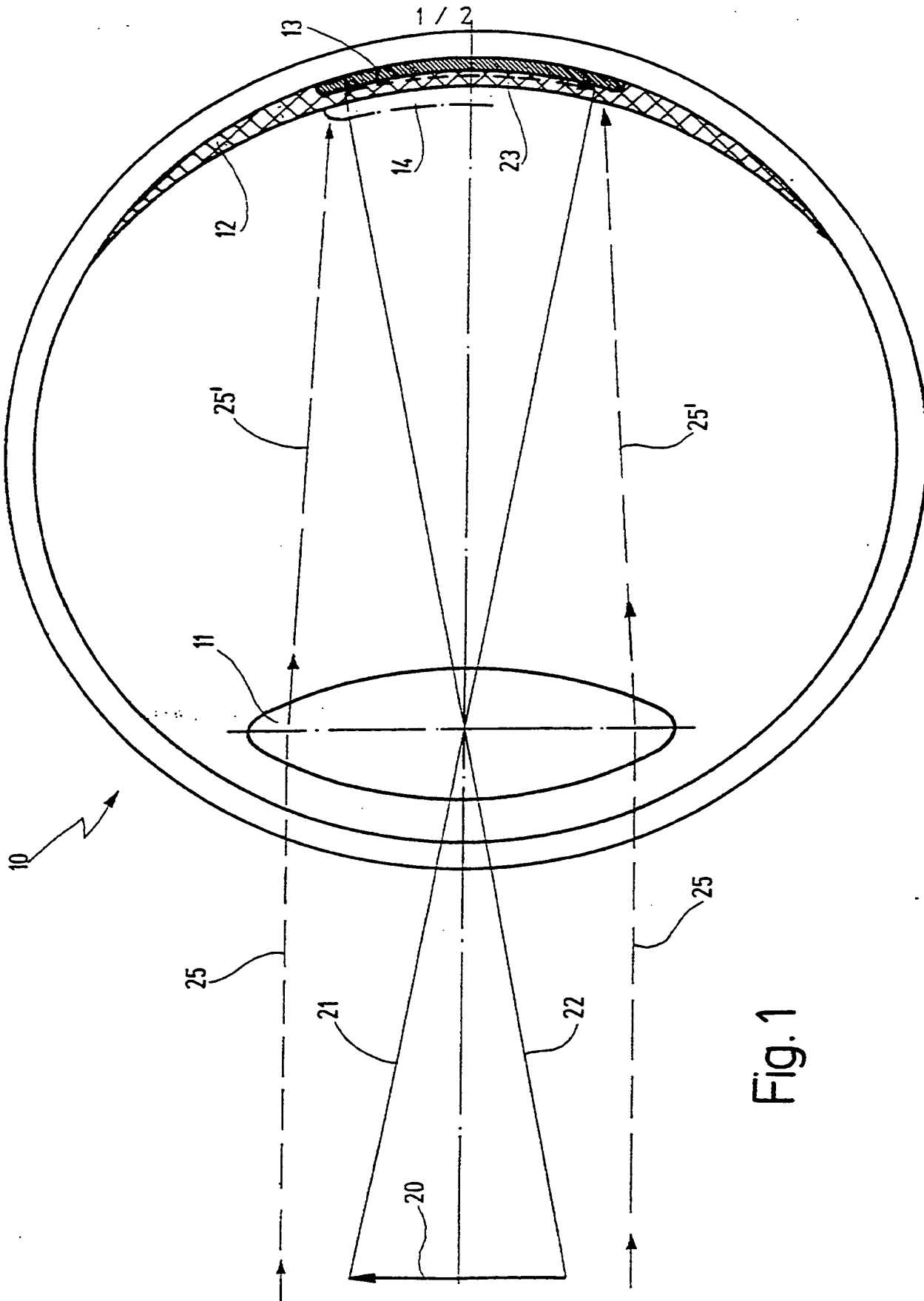


Fig. 1